



POLITÉCNICA



Optimización de parámetros del detector N-15 de ¹⁰B+ZnS(Ag)

Alfredo Lorente-Fillol¹, Sviatoslav Ibáñez –Fernandez¹ Karen A. Guzmán-García¹, Juan Antonio González², Eduardo Gallego-Díaz¹, Héctor René Vega-Carrillo³

¹ Departamento de Ingeniería Energética, ETS Ing. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
C. José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid, España.

² Laboratorio de Ingeniería Nuclear, E.T.S. Ing. Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid,
Campus Ciudad Universitaria, C. Profesor Aranguren 3, 28040, Madrid, España.

³ Unidad Académica de Estudios Nucleares, Universidad Autónoma de Zacatecas
C. Ciprés 10, Fracc. La Peñuela, 98068 Zacatecas, Zacatecas, México.

E – mail: alfredo.lorente@upm.es



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de detección de material radiactivo y de materiales nucleares especiales (SNM) instalados en aduanas y puntos críticos de distintas partes del mundo, son Monitores de Radiación tipo Pórtico (RPM), formados por un conjunto de detectores gamma y de neutrones [1]. Para la detección de neutrones se usan detectores de ³He que presenta el problema de su escasez. Esto ha motivado la búsqueda de alternativas tecnológicas [2].

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM), a través de los Laboratorios de Ingeniería Nuclear (LIN), de la ETSI Caminos, Canales y Puertos, y de Medidas Neutrónicas (LMN), de la ETSI Industriales, ha adquirido dos detectores fabricados por BridgePort comercialmente denominado como “nDet-Brick” con moderadores diseñados por el LIN. Este detector se basa en utilizar capas finas de ZnS(Ag) con ¹⁰B.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un procedimiento de optimización de los parámetros iniciales del detector para la discriminación de los impulsos producidos por rayos gamma y que compiten con los impulsos producidos por los neutrones, en el ánimo de contar con un sistema que tenga un mejor desempeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

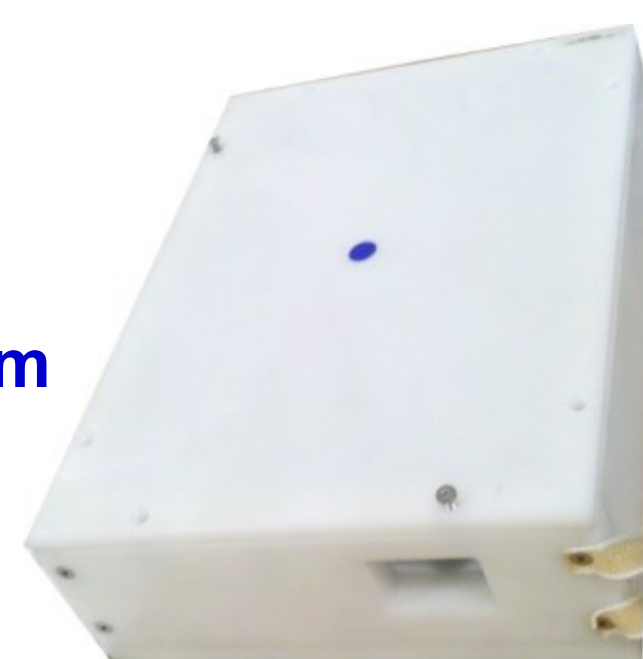
Es un detector de neutrones de centelleo ZnS(Ag) con ¹⁰B enriquecido al 95%, que dispone de un fotomultiplicador y su electrónica digital integrada, alimentada con USB. La zona sensible del detector está formada por 5 laminas transparentes de 0.017cm de espesor de ¹⁰B+ZnS(Ag), estas laminas están depositadas entre 4 placas de Polimetil metacrilato (PMMA) de 8 mm de espesor que actúan como guía de luz y a la vez como moderador. El conjunto está rodeado de un reflector de aluminio Mylar de 8 µm.

El detector está recubierto con polietileno de alta densidad (PEAD), para la moderación de los neutrones, de 24 mm de espesor frontal, en lo que constituye la ventana del detector y 48 mm de espesor en el resto de sus caras. Su diseño fue optimizado mediante cálculos Monte Carlo [3]

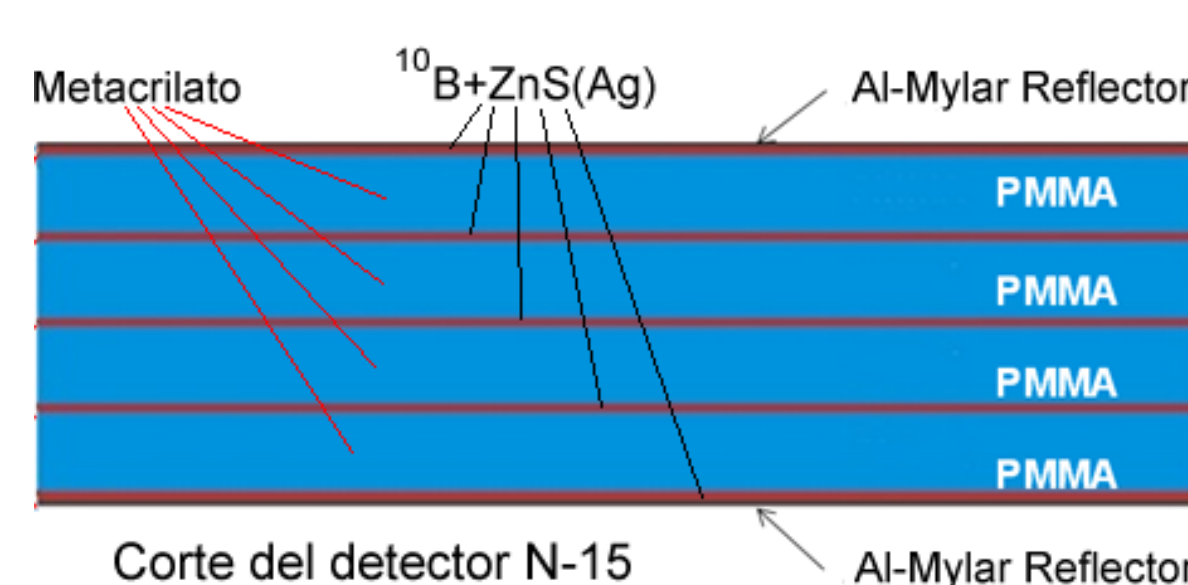


**Detector N-15
Desnudo**
230 x 330 x 40 mm

Desnudo



24mm + 48mm



Ajuste del Detector

El detector, al ser conectado por un puerto USB al ordenador, selecciona los parámetros pre definidos por el fabricante para la Alta Tensión, HV, y la discriminación de impulsos, HV=775volts y P1-P2=15. El proceso de optimización se inicia con el ajuste del detector. En este proceso se coloca el detector ante un campo de neutrones y de gammas de intensidad conocida, y se realizan medidas variando HV y los parámetros P1 y P2.



**Campo de neutrones :
fuente en cuba de agua**



**Campo de neutrones:
“Howitzer”**

En este caso se colocó el detector N-15A ante una fuente de neutrones ²⁴¹AmBe de 74GBq, localizada dentro de una cuba de agua de 45 cm de radio, de la UPM, a 100 cm del centro de la fuente.

Se realizaron medidas variando los valores de HV, P1 y P2, determinando así la diferencia mínima relativa entre la señal debido a los neutrones y por los rayos gamma. Con este paso se identificaron los parámetros donde se notó la mínima diferencia relativa entre ambas señales.

Posteriormente se seleccionaron tres valores para la HV (ver tabla I)

- HV1-750
- HV2-800
- HV3-850

Los parámetros P1 y P2 de discriminación de impulsos se optimizan mediante una función del programa de adquisición de datos DAQ para los tres voltajes HV seleccionados, asignado para los tres casos P1 y P2 = 5

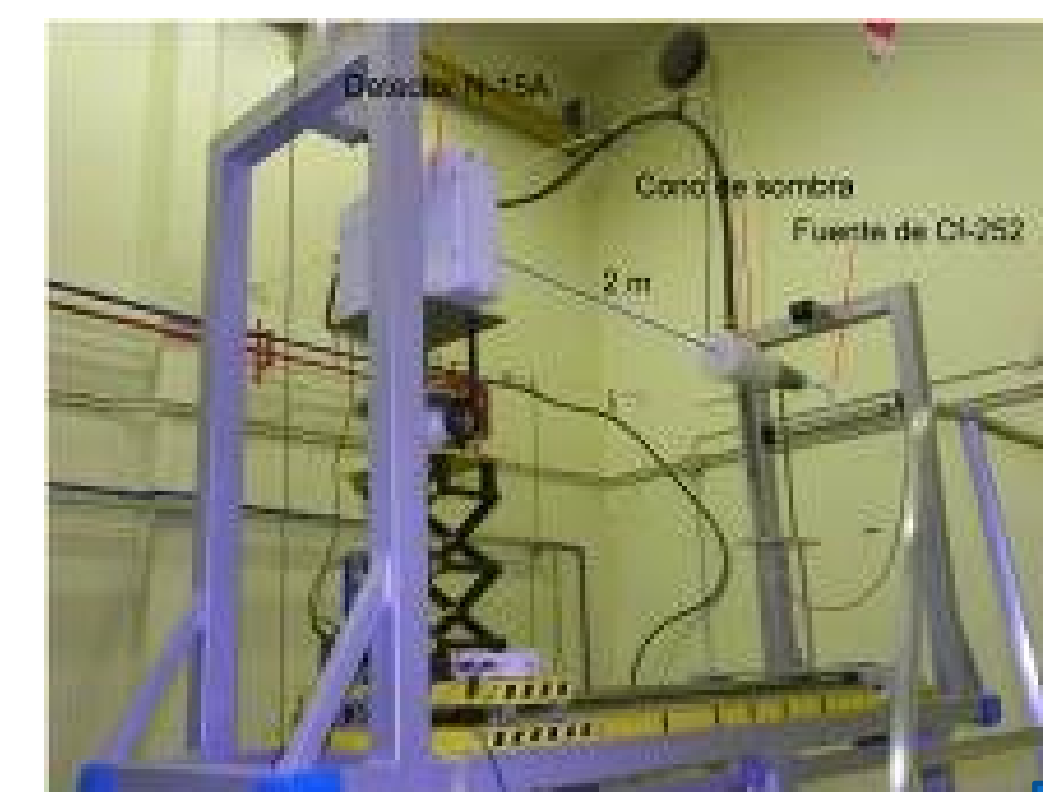
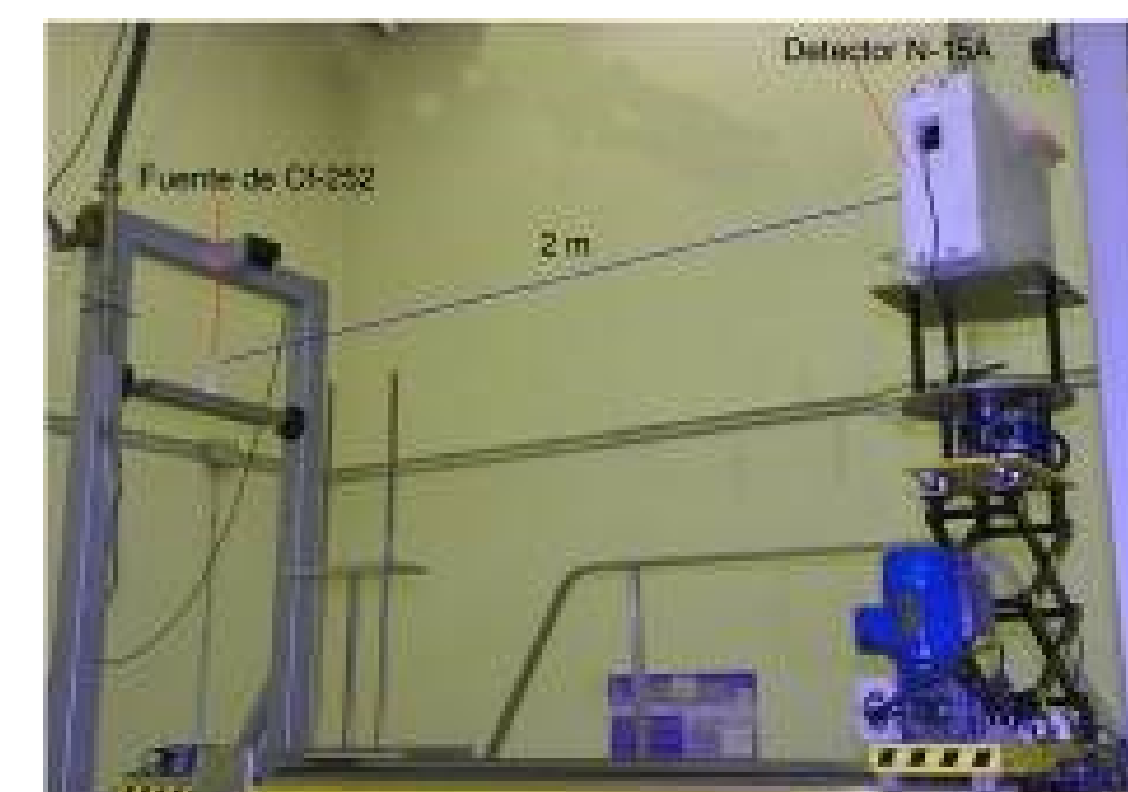
RESULTADOS

Tabla I

HV	Medidas ²⁴¹ AmBe Cuba Agua					
	P1= P2= 15			P1= P2=1		
	cpm	Señal	gamma	cpm	gamma	Dif rel
650	15668	18135	2468	16469	802	0.0018
700	18318	20624	2307	18823	505	0.0012
750	19691	23360	3669	20065	374	0.0010
800	20479	30233	9754	20752	273	0.0008
850	20997	46257	25260	21507	510	0.0011
900	21363	79348	57985	22399	1036	0.0015
950	21816	165348	143531	24734	2918	0.0025

Calibración del Detector

La calibración consiste en medir los neutrones de un campo neutrónico conocido con cada uno de los HV seleccionados y P1-P2 para cada Alta Tensión. Realizando tres medidas básicas sobre la bancada del DIN con fuentes de ²⁵²Cf (67,228.90 n/seg) a 200 cm del centro del detector como se muestra en las Figuras. Una medida se realiza sobre la bancada ante las fuentes durante un periodo de tiempo determinado, otra se realiza ante la fuente con un cono de sombra para determinar los neutrones retrodispersados y una medida de fondo, este proceso para cada alta tensión, HV-1, HV-2, HV-3.



Medidas con las fuentes de ²⁵²Cf con y sin cono de sombra, medidas LMN-UPM

Los criterios que se toman para fijar los parámetros óptimos, son; determinar el Límite de Detección, **LD, más bajo, el LD en presencia de gammas más bajo, y el valor de mínima interferencia de las emisiones gammas.**

El Límite de Detección Estático, [4], donde F_s representa la medida de fondo de la sala donde se realizan las medidas, S la sección de detección es decir el área del detector, ET la eficiencia total, El eficiencia intrínseca del detector, y de la distancia fuente-detector.

$$LD_{E\gamma} = 7,5 \frac{\sqrt{F + C_\gamma}}{E_T} \quad \text{Ec. II}$$

El Límite de detección Estático, [4] en presencia de varios emisores gamma (65 µSv/h en contacto), mide la influencia de las emisiones gamma y se calcula con la Ecuación (2), en la que C_γ son las cuentas por gamma y F el fondo del entorno.

$$LD_E = 7,5 \frac{\sqrt{F_s}}{E_T} \quad \text{Ec. I}$$

El Valor de interferencias gamma, utilizando la Ecuación (3), donde C_γ son las cuentas por gamma y F el fondo del entorno, dividido entre las cuentas y la intensidad del campo por gammas. Los resultados se muestran en la Tabla II.

$$Interf_\gamma = \frac{(C_\gamma - F_s)}{(C_\gamma A_\gamma)} \quad \text{Ec. III}$$

Tabla II

		LD _E	LD ₊ γ	Interf γ
HV-1	750	10359	10282	3,20E-09
HV-2	800	12850	10736	6,48E-08
HV-3	850	24537	12564	1,58E-07

Con los resultados se determina que los parámetros óptimos para tener la mejor capacidad de detección de los neutrones, mayor rechazo a los impulsos de las emisiones gammas, son para la alta tensión de HV=750 y para los parámetros de la forma del impulsos de P1-P2=5.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un procedimiento de ajuste y calibración que permite optimizar los ajustes del detector nDet-Brick, HV y parámetros P1 y P2, obteniendo los más adecuados para detectar neutrones con la menor interferencia de la radiación gamma.

REFERENCIAS

- [1].- KOUZES, R.T. et al, “Passive neutron detection for interdiction of nuclear material at borders” (2010).
- [2].- KOUZES, Pacific Northwest reports, PNNL19311. 1-47 (2010).
- [3].- GUZMÁN-G. K.A. et al “ Cálculo de la respuesta del detector de neutrones ¹⁰B+ZnS(Ag) MCNPX (Este congreso)
- [4].- GONZÁLEZ-G., J.A. et al, “Procesos recomendados para el control de la presencia de material radiactivo en materiales metálicos” Radio Protección, (2012)